

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-305108

(43)Date of publication of application : 31.10.2001

(51)Int.Cl.

G01N 27/90

(21)Application number : 2000-120439

(71)Applicant : DAIDO STEEL CO LTD

(22)Date of filing : 21.04.2000

(72)Inventor : WATANABE HIROYUKI  
KOJIMA KATSUHIRO

## (54) EDDY CURRENT FLAW DETECTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an eddy current flaw detector which permits automatic flaw detection for the presence of a defect over the entire circumference of a plate material even when the size of the plate material varies in diversity and also achieve accurate positional measurement of the defect.

SOLUTION: Surface probes 32a-32f in which a plurality of detection coils are arrayed on the same plane and corner probes 34a-34d in which a plurality of detection coils are arrayed on two planes orthogonal to each other are arranged being zigzagged over the entire circumference of the plate material 10. The surface probes 32a-32f are moved by a moving means, not illustrated, across the thickness of the plate material or the corner probes 34a-34d across the thickness and the width of the plate material according to the size of the plate material 10. In addition, the time base of flaw detection signals obtained from the detection coils is corrected based on the elapsed time from the moment of the generation of a tip detection signal from a tip detection sensor and the moving distance of the plate material measured by a length measuring machine 62.

BEST AVAILABLE COPY

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-305108

(P2001-305108A)

(43) 公開日 平成13年10月31日 (2001. 10. 31)

(51) Int.Cl.

G 0 1 N 27/90

識別記号

F I

G 0 1 N 27/90

テ-マ-ト\* (参考)

2 G 0 5 3

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-120439 (P2000-120439)

(22) 出願日 平成12年4月21日 (2000. 4. 21)

(71) 出願人 000003713

大同特殊鋼株式会社

愛知県名古屋市中区錦一丁目11番18号

(72) 発明者 渡邊 裕之

岐阜県岐阜市西河渡2-65 A-202

(72) 発明者 小島 勝洋

愛知県常滑市矢田字大力62番地

(74) 代理人 100095669

弁理士 上野 登

Fターム(参考) 20053 AA11 AB21 BA15 BB03 BC02

BC14 CA03 DA01 DA06 DB03

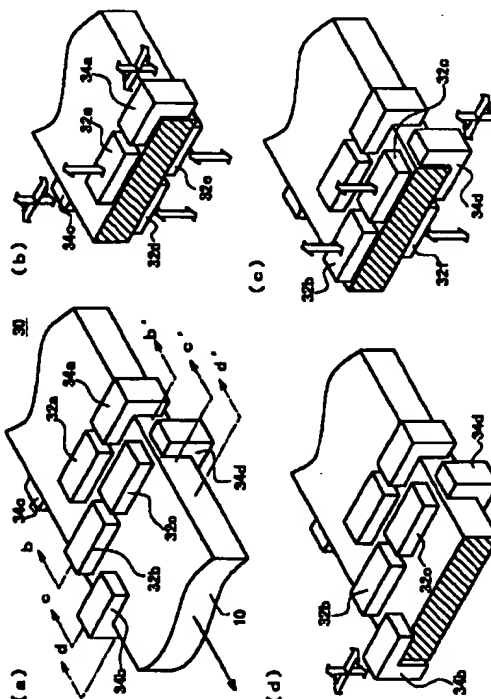
DB06 DB14 DB20 DB23

(54) 【発明の名称】 渦流探傷装置

(57) 【要約】

【課題】 板材の大きさが多様に変化する場合であっても、板材の全周に渡って欠陥の有無を容易に自動探傷することが可能な渦流探傷装置を提供すること。また、欠陥の正確な位置測定が可能な渦流探傷装置を提供すること。

【解決手段】 複数の検出コイルを同一平面上に配置した面プローブ32a~32fと、複数の検出コイルを直交する二平面上に配置したコーナプローブ34a~34dを板材10の全周に渡って千鳥状に配置し、板材10の大きさに応じて、図示しない移動手段を用いて、面プローブ32a~32fを板厚方向に、また、コーナプローブ34a~34dを板厚方向及び板幅方向に移動させる。また、先端検知センサによる先端検知信号の発生時刻からの経過時間及び測長器62により測定される板材の移動距離に基づき、各検出コイルから得られる探傷信号の時間軸を補正する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 励磁コイルにより板材の表層に渦電流を発生させ、前記板材表面の欠陥に起因する前記渦電流の変化を複数の検出コイルにより検出する渦流探傷装置において、  
前記複数の検出コイルを同一平面上に配置した面プローブと、  
前記複数の検出コイルを直交する二平面上に配置したコーナプローブと、  
前記面プローブ及び前記コーナプローブが前記板材の全周に千鳥状に配置されるように、前記板材の大きさに応じて、前記面プローブ及び／又は前記コーナプローブの位置を移動させる移動手段とを備えていることを特徴とする渦流探傷装置。

【請求項2】 前記移動手段は、前記コーナプローブを前記板材の板厚方向及び板幅方向に移動させるものである請求項1に記載の渦流探傷装置。

【請求項3】 前記移動手段は、前記面プローブを前記板材の板厚方向に移動させるものである請求項1に記載の渦流探傷装置。

【請求項4】 前記板材の先端が通過したか否かを検知する先端検知センサと、  
前記板材の移動距離を計測する測長器と、  
前記先端検知センサによる先端検知信号の発生時刻からの経過時間、及び、前記測長器により計測される前記板材の移動距離に基づき、前記各検出コイルから得られる探傷信号の時間軸を補正する補正手段とをさらに備えていることを特徴とする請求項1、2又は3に記載の渦流探傷装置。

【請求項5】 前記面プローブは、前記板材の板幅方向に前記検出コイルを一行に並べたコイル列が前記板材の長手方向に沿って複数配置され、  
かつ、前記各コイル列は、前記板材の板幅方向に沿って、前記検出コイルの横幅より小さい距離だけ互いにずらして配置されていることを特徴とする請求項1に記載の渦流探傷装置。

【請求項6】 前記検出コイルは、反対方向に巻回された2つのコイル部を備えた差動巻コイルである請求項5に記載の渦流探傷装置。

【請求項7】 前記コーナプローブは、前記直交する二平面上に、それぞれ、前記板材の板幅方向に前記検出コイルを一行に並べたコイル列が前記板材の長手方向に沿って複数配置され、  
かつ、前記各コイル列は、前記板材の板幅方向に沿って、前記検出コイルの横幅より小さい距離だけ互いにずらして配置されていることを特徴とする請求項1に記載の渦流探傷装置。

【請求項8】 前記検出コイルは、反対方向に巻回された2つのコイル部を備えた差動巻コイルである請求項7に記載の渦流探傷装置。

【請求項9】 前記コーナプローブは、前記直交する二平面の交線上に前記2つのコイル部の双方を配置したコーナ用検出コイルをさらに備えていることを特徴とする請求項8に記載の渦流探傷装置。

【請求項10】 前記検出コイルは、前記2つのコイル部の中心を通る直線と前記板材の長手方向との為す角度が前記各コイル列毎に異なっていることを特徴とする請求項6又は8に記載の渦流探傷装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、渦流探傷装置に関し、さらに詳しくは、板材の表面欠陥の有無を板材の全周に渡って自動探傷するための渦流探傷装置に関する。

【0002】

【従来の技術】渦流探傷装置は、励磁コイルによって材料表面に渦電流を誘導し、材料表面に発生した割れ、へげ、線状疵、凹凸等（以下、これらを総称して「欠陥」という。）に起因する渦電流の変化を検出コイルによって検出することにより、表面欠陥の有無を非破壊で検査する装置である。

【0003】このような渦流探傷装置を用いて試験体の全表面を自動探傷するためには、試験体の全表面に渦電流を誘導し、試験体の全表面から渦電流の変化を検出する必要がある。試験体の形状が線材や丸棒材である場合、全表面の自動探傷は比較的容易であり、例えば、コイルの中に線材等を貫通させる貫通コイル式渦流探傷装置、あるいは、コイルを備えたプローブを線材等の周囲に回転させる回転プローブ式渦流探傷装置が実用化されている。

【0004】しかしながら、平角材のような非丸材（以下、これを「板材」という。）に対しては、貫通コイル式や回転プローブ式の適用が困難である。一方、目視検査では、検査員の負荷が大きく、能率も悪いという問題がある。そこで、板材の表面を効率よく自動探傷するために、従来から、他の方式の渦流探傷装置の適用が検討されている。具体的には、回転ディスク方式の渦流探傷装置、電子走査方式の渦流探傷装置などが提案されている（例えば、（社）日本非破壊検査協会、表面探傷分科会資料、No. 30123（1998）、1参照。）。

【0005】回転ディスク方式の渦流探傷装置20は、図8に示すように、板材10の上下に配置された一対の回転ディスク22、22と、回転ディスク22、22の表面に設けられた複数の検出コイル24、24…と、各回転ディスク22、22を回転させるための回転機構26、26とを備えているものである。この渦流探傷装置20による板材10の自動探傷は、板材10を搬送ローラ28で一方向に搬送しながら、回転機構26、26により回転ディスク22、22を回転させることにより行われる。また、板材表面の欠陥12に対応する探傷信号は、欠陥12上を検出コイル24が横切ったときに出現する。

力されるようになっている。

【0006】また、電子走査方式の渦流探傷装置は、図示はしないが、複数の検出コイルを板材の板幅方向及び長手方向に配置したプローブと、探傷信号を出力させる検出コイルを電氣的に切り替えるための電子スイッチとを備えているものである。この渦流探傷装置による板材の自動探傷は、プローブを装置に対して固定した状態で板材を一方向に搬送し、電子スイッチを用いて探傷信号を出力させる検出コイルを順次切り替えることにより行われる。また、板材表面の欠陥に対応する探傷信号は、電子スイッチにより欠陥直上に位置する検出コイルに切り替えられた時に出力されるようになっている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、回転ディスク方式の渦流探傷装置は、幅広の板材に適用する場合には、回転ディスクの径を大きくするか、あるいは、回転ディスクを複数設置しなければならず、板材への做いが難しいという問題がある。また、回転ディスクが回転するに伴い、検出コイルが一時的に板材の外側に退避してしまうので、不感帯(図8(b)中のハッチング領域)が大きいという問題がある。不感帯は、検査条件にもよるが、先後端で数十mm、コーナ部で5~10mm程度となる。さらに、回転ディスク方式では、側面部の探傷も困難である。

【0008】これに対し、電子走査方式の渦流探傷装置は、回転機構等の可動部が不要であり、高速探傷が可能である。また、検査中に検出コイルが板材の外側に退避することがないので、回転ディスク式に比して不感帯が狭い。さらに、電子走査方式の場合、側面部の探傷も比較的容易である。しかしながら、従来の電子走査方式の渦流探傷装置は、板材の大きさが異なる場合には、プローブ数を増減することにより対応していたので、板材の大きさが多様に変化する場合には、作業が煩雑になるという問題があった。

【0009】また、板材の幅方向に一列に並んだ複数の検出コイルを用いて欠陥を探傷する場合、検出感度は、各検出コイルの中心で最大となり、各検出コイルの境界部分でゼロになる。従って、板材の全表面に渡って高感度で欠陥を検出するためには、各検出コイルを千鳥状に配置し、ある検出コイル間の境界線上を他の検出コイルで探傷させる必要がある。しかしながら、複数の検出コイルを千鳥状に配置すると、各検出コイルから出力される探傷信号に時間的なずれが発生し、得られた探傷信号から、直接、欠陥の発生位置を特定するのが困難であるという問題がある。

【0010】本発明が解決しようとする課題は、板材の大きさが多様に変化する場合であっても、板材の全周に渡って欠陥の有無を容易に自動探傷することが可能な渦流探傷装置を提供することにある。また、本発明が解決しようとする他の課題は、欠陥の正確な位置測定が可能

な渦流探傷装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明は、励磁コイルにより板材の表層に渦電流を発生させ、前記板材表面の欠陥に起因する前記渦電流の変化を複数の検出コイルにより検出する渦流探傷装置において、前記複数の検出コイルを同一平面上に配置した面プローブと、前記複数の検出コイルを直交する二平面上に配置したコーナプローブと、前記面プローブ及び前記コーナプローブが前記板材の全周に千鳥状に配置されるように、前記板材の大きさに応じて、前記面プローブ及び/又は前記コーナプローブの位置を移動させる移動手段とを備えていることを要旨とするものである。

【0012】この場合、前記移動手段は、前記コーナプローブを前記板材の板厚方向及び板幅方向に移動させるものが好ましい。また、前記移動手段は、前記面プローブを前記板材の板厚方向に移動させるものが好ましい。

【0013】また、前記板材の先端が通過したか否かを検知する先端検知センサと、前記板材の移動距離を計測する測長器と、前記先端検知センサによる先端検知信号の発生時刻からの経過時間、及び、前記測長器により計測される前記板材の移動距離に基づき、前記各検出コイルから得られる探傷信号の時間軸を補正する補正手段とをさらに備えていてもよい。

【0014】上記構成を有する本発明に係る渦流探傷装置は、面プローブ及びコーナプローブが板材の全周に渡って千鳥状に配置されているので、板材の全周に渡って欠陥の有無を探傷することができる。また、板材の大きさが変化する場合には、移動手段により面プローブ及び/又はコーナプローブの位置を移動させると共に、必要なプローブ及びそのプローブ内の検出コイルのみを使用すればよく、板材の大きさ変更にも容易に対処可能となる。さらに、先端検知センサ、測長器及び補正手段を備えている場合には、各検出コイルから出力される探傷信号の時間軸が補正され、欠陥の発生位置を精度良く特定することができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の一実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。図1(a)に本発明の第1の実施の形態に係る渦流探傷装置を示す。なお、図1(b)、図1(c)及び図1(d)は、それぞれ、図1(a)に示す斜視図のb-b'線断面図、c-c'線断面図及びd-d'線断面図である。

【0016】図1において、渦流探傷装置30は、面プローブ32a~32fと、コーナプローブ34a~34dと、図示しない移動手段とを備えている。面プローブ32a~32fは、板材10の平面部を探傷するためのものであり、平板状を呈し、かつ、板材10と接する面には、複数の検出コイル(図示せず)が配置されている。この内、3個の面プローブ32a~32cは、板材

10の上面側に配置され、他の面プローブ32d~32fは、板材10の下面側に配置されている。

【0017】コーナプローブ34a~34dは、板材10のコーナ部並びにコーナ部近傍の平面部及び側面部を探傷するためのものであり、L字形を呈し、かつ、板材10と接する2つの面側には、複数の検出コイル（図示せず）が配置されている。この内、2個のコーナプローブ34a及び34bは、板材10の上面側のコーナ部にそれぞれ配置され、他のコーナプローブ34c及び34dは、板材10の下面側のコーナ部にそれぞれ配置されている。

【0018】さらに、各面プローブ32a~32f及び各コーナプローブ34a~34dは、板材10の全周に渡って千鳥状に配置されている。ここで、「千鳥状」とは、板材10の移動方向から見たときに、各面プローブ32a~32f及び各コーナプローブ34a~34dにより板材10の全周が囲まれ、かつ、隣接する一方の面プローブ又はコーナプローブに備えられる少なくとも1つの検出コイルと、他方の面プローブ又はコーナプローブに備えられる少なくとも1つの検出コイルとの間に、重複領域が生じている状態をいう。重複領域における欠陥の検出感度を高めるには、複数個の検出コイル間に重複領域が生じていることが望ましい。

【0019】移動手段は、板材10の大きさに応じて、各面プローブ32a~32f及び各コーナプローブ34a~34dを所定の位置に移動させるものである。本実施の形態においては、移動手段は、各面プローブ32a~32fを板材10の板厚方向に移動させ、各コーナプローブ34a~34dを板材10の板厚方向及び板幅方向に移動させるものが用いられる。

【0020】この場合、移動手段は、各面プローブ32a~32f及び各コーナプローブ34a~34dを、それぞれ、独立して移動させるものであっても良い。また、移動手段は、一定の協働関係を有する複数個のプローブを同時に移動させ、その他のプローブを独立して移動させるものであっても良い。例えば、板材10の上面に配置された3個の面プローブ32a~32cは、それぞれ、独立して移動させても良いが、1個の移動手段を用いて同時に板厚方向に移動させても良い。板材10の下面に配置された3個の面プローブ32d~32fも同様である。

【0021】また、本実施の形態に係る渦流探傷装置30において、面プローブ32a~32f及びコーナプローブ34a~34dに備えられる検出コイルの形式、配列等は、特に限定されるものではない。しかしながら、板材10の全周に渡って、高感度で欠陥を検出するためには、面プローブ32a~32f及びコーナプローブ34a~34dは、板材10の板幅方向に検出コイルを一列に並べたコイル列が板材10の長手方向に沿って複数配置され、かつ、各コイル列が、板材10の板幅方向

に、検出コイルの横幅より小さい距離だけ互いにずらしで配置されていることが望ましい。各コイル列のずらし量は、検出コイルの横幅を列数で除した値が特に好適である。

【0022】また、欠陥を高感度で検出するためには、検出コイルは、反対方向に巻回された2つのコイル部を備えた差動巻コイルが好適である。この場合、各コイル列のずらし量の基準となる「検出コイルの横幅」とは、「コイル部」の横幅をいう。

【0023】また、任意の方向を向いた線状の欠陥を高感度で検出するためには、検出コイルとして差動巻コイルを用いると共に、2つのコイル部の中心を通る直線と板材の移動方向との為す角度（以下、これを「傾き角」という。）を各コイル列毎に異なった値とするのが望ましい。

【0024】さらに、板材10のコーナ部直上に発生した欠陥を高感度で検出するためには、コーナプローブ34a~34dは、直交する二平面の交線上に2つのコイル部の双方を配置したコーナ用の検出コイルを備えていることが望ましい。

【0025】具体的には、面プローブ32a~32fには、図2に示すように、フレキシブル基板38a上に、差動巻コイルからなる検出コイル40a~40cを3列千鳥状に配置したプリントコイル38を貼り付けると良い。この場合、各コイル列のずらし量は、コイル部の横幅の1/3になっている。また、検出コイル40a...からなる1列目のコイル列の傾き角は $-45^\circ$ 、検出コイル40b...からなる2列目のコイル列の傾き角は $45^\circ$ 、検出コイル40cからなる3列目のコイル列の傾き角は $90^\circ$ になっている。

【0026】また、コーナプローブ34a~34dには、具体的には、図3に示すように、フレキシブル基板48a上に、差動巻コイルからなる検出コイル50a~50cを3列千鳥状に配置したプリントコイル48を貼り付けると良い。このプリントコイル48は、図3に示す1点鎖線に沿ってL字型に折り曲げた状態で使用される。この場合も、各コイル列のずらし量は、コイル部の横幅の1/3である。また、検出コイル50a...からなる1列目のコイル列の傾き角は、1点鎖線の左側で $45^\circ$ 、右側で $-45^\circ$ である。また、検出コイル50b...からなる2列目のコイル列の傾き角は、左側で $-45^\circ$ 、右側で $45^\circ$ である。また、検出コイル50cからなる3列目のコイル列の傾き角は、左右いずれも $90^\circ$ である。

【0027】また、図3に例示するプリントコイル48には、直交する二平面の交線上にコーナ用の検出コイル50d及び検出コイル50eが設けられている。この内、検出コイル50dは、板材10のコーナ部直上に発生した欠陥を検出するためのものであり、2つのコイル部の双方が直交する二平面の交線上に配置されている。

一方、検出コイル50eは、板材10のコーナ部近傍の平面部又は側面部に発生した欠陥を検出するためのものであり、各コイル部が、それぞれ、直交する二平面の内の一の面上に振り分けられて配置されている。

【0028】また、本実施の形態に係る渦流探傷装置30において、励磁コイルの形式、配置等は、特に限定されるものではないが、プリントコイル38に備えられる各検出コイル40a~40c及びプリントコイル48に備えられる各検出コイル50a~50cに対応する位置に、それぞれ、個別に励磁コイルを設け、これらを用いて板材10の表面に渦電流を発生させるのが好ましい。

【0029】さらに、本実施の形態に係る渦流探傷装置30において、面プローブ32a~32fに備えられる検出コイル及びコーナプローブ34a~34dに備えられる検出コイルからの探傷信号の出力方法は、特に限定されるものではない。例えば、複数の検出コイルから同時に探傷信号を出力させるようにしても良く、あるいは、電子スイッチを用いて探傷信号を出力させる検出コイルを順次切り替えるようにしてもよい。

【0030】次に、本実施の形態に係る渦流探傷装置30の作用について説明する。比較的大きな板材10を探傷する場合は、図4の実線で示すように、3個の面プローブ32a~32cを板材10の上面に千鳥状に配置すると共に、3個の面プローブ32d~32fを板材10の下面に千鳥状に配置する。また、4個のコーナプローブ34a~34dを、それぞれ、コーナプローブ間及びコーナプローブと面プローブの間に重複領域が生じるように、板材10の四隅に配置する。

【0031】次いで、板材10を一方向に移動させながら、励磁コイル（図示せず）を用いて板材10の表面に渦電流を発生させ、面プローブ32a~32f及びコーナプローブ34a~34dに備えられる複数の検出コイル（図示せず）を用いて、渦電流の変化を検出すれば、板材10の全周に渡って欠陥の有無を検出することができる。

【0032】この場合、板材10の上面に配置した面プローブ32a、32c及び板材10の下面に配置した面プローブ32e、32f、並びに、コーナプローブ34a~34dは、検出コイルを配置した面の全面が板材10に対向しているため、これらのプローブに含まれるすべての検出コイルを使用すると良い。一方、面プローブ32b及び32dについては、検出コイルを配置した面の一部が板材10に対向しているため、板材10と対向している検出コイルのみを使用して探傷を行えばよい。

【0033】次に、図4の二点鎖線に示すように、大きさの小さい板材11の表面を探傷する場合には、面プローブ32d~32f及びコーナプローブ34dの位置を固定したまま、図示しない移動手段を用いてコーナプローブ34aを板厚方向に、また、コーナプローブ34cを板幅方向にそれぞれ移動させ、さらに、コーナプロー

ブ34bを板幅方向及び板厚方向に移動させ、これらを板材11に近接させる。同様に、図示しない移動手段を用いて面プローブ32a~32cを板厚方向に移動させ、板材11に近接させる。

【0034】この場合、面プローブ32c、32e及びコーナプローブ34a~34dのみが板材10と対向しているため、これらのプローブに備えられる検出コイルの内、板材11と対向する位置にあるもののみを使用して探傷を行えばよい。これにより、板材の大きさが多様に変化する場合であっても、プローブ数を増減させることなく、探傷が可能となる。

【0035】また、面プローブ32a~32f及びコーナプローブ34a~34dへの検出コイルの配置を、例えば、図2及び図3に示したように3列千鳥状に配置した場合には、プローブ全面の検出感度を高感度に維持することができる。また、このようなプローブを板材の全周に渡って千鳥状に配置することによって、板材の全周に渡って欠陥を高感度で検出することができる。

【0036】さらに、検出コイルとして差動巻コイルを用い、各コイル列毎に傾き角を変化させれば、任意の方向を向いた線状欠陥を高感度で検出することができる。また、図3に示すように、L字形を呈する各コーナプローブ34a~34dの交線上に、差動巻コイルの2つのコイル部の双方を並べたコーナ用の検出コイル54d、あるいは、各コイル部を直交する2つの平面にそれぞれ振り分けたコーナ用の検出コイル54eを設けた場合には、コーナ部直上、あるいは、コーナ部近傍の平面部もしくは側面部における欠陥の有無を高感度で検出することができる。

【0037】次に、本発明の第2の実施の形態に係る渦流探傷装置について説明する。図6に、本実施の形態に係る渦流探傷装置60の概略構成図を示す。図6において、渦流探傷装置60は、図1に示す面プローブ32a~32f、コーナプローブ34a~34d、及び図示しない移動手段の他に、測長器62と、図示しない先端検知センサと、補正手段とをさらに備えていることを特徴とするものである。

【0038】ここで、測長器62は、搬送ローラ64、64…により搬送される板材10の移動距離を計測するためのものである。測長器62は、板材10の移動距離が計測可能なものであれば、いずれも使用できる。また、測長器62の取付位置も特に限定されるものではなく、検査に支障のない位置であればよい。

【0039】先端検知センサは、板材10の先端が通過した時にその旨の信号（先端検知信号）を出力するためのものである。先端検知センサは、板材10の通過を検出可能なものであれば、いずれも使用できる。また、先端検知センサの取付位置も特に限定されるものではなく、検査に支障のない位置であればよい。

【0040】補正手段は、先端検知センサによる先端検

知信号の発生時刻からの経過時間及び測長器62により測定される板材10の移動距離に基づき、各検出コイルから得られる探傷信号の時間的なずれを補正するためのものである。ずれの補正は、具体的には、先端検知信号の発生時刻からの経過時間及び板材10の移動距離から、板材10の移動速度を求め、この移動速度と、各プローブ並びに測長器62及び先端検知センサとの相対的な位置関係から、各検出コイルから出力される探傷波形の時間軸を補正することにより行えばよい。

【0041】次に、本実施の形態に係る渦流探傷装置60の作用について説明する。図6に示すように、面プローブ32bの左端に設けられた3つの検出コイルa、b、cの中心と、面プローブ32aの右端に設けられた3つの検出コイルd、e、fとが、それぞれ、板材10の移動方向に沿って一直線上に並ぶように、面プローブ32a及び32bが千鳥状に配置されているとする。また、面プローブ32aに設けられた検出コイルd、e、fに隣接する3つの検出コイルを、それぞれ、g、h、iとする。

【0042】このような状態で、搬送ローラ64により板材10を搬送すると、欠陥12に起因する各検出コイルa～iからの探傷信号は、図7(a)に示すように、その位置に応じた時間的な遅れを伴って出力される。そのため、出力された探傷信号から、直接、欠陥12の位置、あるいは、形状を特定するのは困難である。

【0043】これに対し、本実施の形態に係る渦流探傷装置60においては、測長器62と、図示しない先端検知センサと、補正手段とを備えているので、各検出コイルから出力される探傷信号の時間的なずれを求めることができる。また、求められた時間的なずれを用いて、各探傷信号の時間軸を補正すれば、図7(b)に示すように、同一の欠陥12に対応する各検出コイルからの出力を時間軸に対して一致させることができ、欠陥12の位置を精度良く特定することができる。

【0044】以上、本発明の実施の形態について詳細に説明したが、本発明は、上記実施の形態に何ら限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の改変が可能である。

【0045】例えば、上記実施の形態では、各面プローブは、板材の板厚方向にのみ可動となっているが、板幅方向にも可動としてもよい。また、上記実施の形態では、4つのコーナプローブのすべてが可動になっているが、これらの内、いずれか1つを固定し、固定されたコーナプローブを基準として、他のコーナプローブ及び面プローブを移動させるようにしても良い。

【0046】

【発明の効果】本発明は、励磁コイルにより板材の表層に渦電流を発生させ、前記板材表面の欠陥に起因する前記渦電流の変化を複数の検出コイルにより検出する渦流探傷装置において、前記複数の検出コイルを同一平面上

に配置した面プローブと、前記複数の検出コイルを直交する二平面上に配置したコーナプローブと、前記面プローブ及び前記コーナプローブが前記板材の全周に千鳥状に配置されるように、前記板材の大きさに応じて、前記面プローブ及び／又は前記コーナプローブの位置を移動させる移動手段とを備えているので、板材の大きさが多様に変化した場合であっても、板材の全周に渡って欠陥の有無を容易に自動探傷することができるという効果がある。

【0047】また、前記板材の先端が通過したか否かを検知する先端検知センサと、前記板材の移動距離を計測する測長器と、前記先端検知センサによる先端検知信号の発生時刻からの経過時間、及び、前記測長器により計測される前記板材の移動距離に基づき、前記各検出コイルから得られる探傷信号の時間軸を補正する補正手段とをさらに備えている場合には、各検出コイルの位置の相違に起因する探傷信号の時間軸のずれを補正することができ、欠陥の発生位置を精度良く検出することができるという効果がある。

【0048】また、前記面プローブ又は前記コーナプローブが、前記板材の板幅方向に前記検出コイルを一列に並べたコイル列が前記板材の長手方向に沿って複数列配置され、かつ、前記各コイル列は、前記板材の板幅方向に沿って、前記検出コイルの横幅より小さい距離だけ互いにずらして配置されている場合には、板材の全面に渡って高感度で欠陥を検出できるという効果がある。

【0049】また、複数列千鳥状に配置された検出コイルが差動巻コイルであり、各検出コイルの傾き角がコイル列毎に異なっている場合には、任意の方向を向いた線状の欠陥を高感度で検出できるという効果がある。

【0050】さらに、前記コーナプローブが、前記直交する二平面の交線上に前記2つのコイル部の双方を配置したコーナ用検出コイルをさらに備えている場合には、コーナ部直上に発生した欠陥を高感度で検出できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 図1(a)は、本発明の第1の実施の形態に係る渦流探傷装置の斜視図であり、図1(b)、図1(c)及び図1(d)は、そのb-b'線断面図、c-c'線断面図、及びd-d'線断面図である。

【図2】 面プローブに用いられるプリントコイルにおける検出コイルの配置の一例を示す図である。

【図3】 コーナプローブに用いられるプリントコイルにおける検出コイルの配置の一例を示す図である。

【図4】 図1に示す渦流探傷装置の使用方法を説明する図である。

【図5】 本発明の第2の実施の形態に係る渦流探傷装置の概略構成図である。

【図6】 面プローブに備えられる各検出コイルと欠陥の位置関係を説明する図である。

【図7】 図7(a)は、図6に示す配置の面プローブを用いて得られる位置補正前の探傷信号を示す図であり、図7(b)は、位置補正後の探傷信号を示す図である。

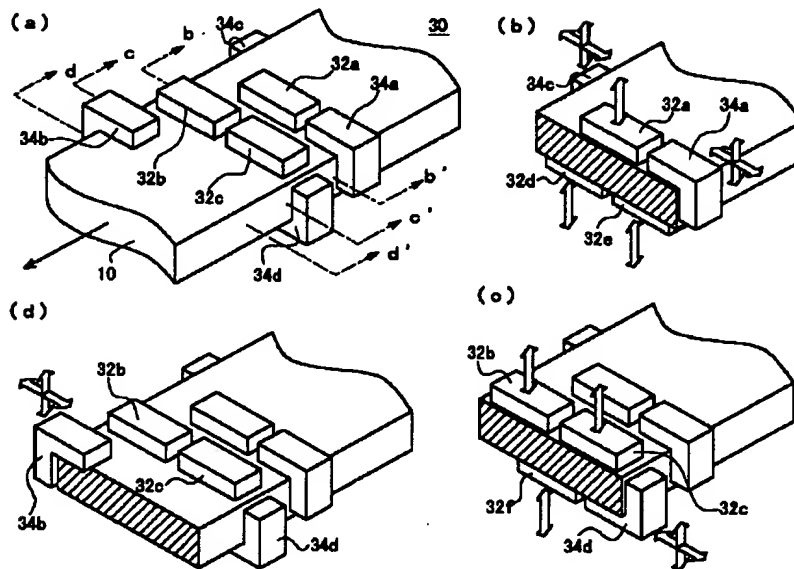
【図8】 図8(a)は、回転ディスク式の渦流探傷装置の正面図であり、図8(b)は、その平面図である。

【符号の説明】

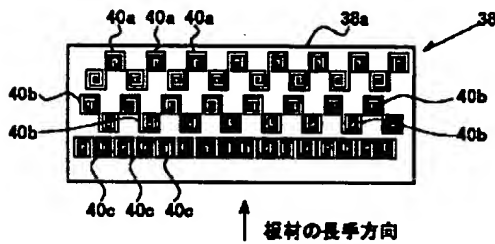
10 板材

12 欠陥  
30 渦流探傷装置  
32a~32f 面プローブ  
34a~34d コーナプローブ  
40a~40c 検出コイル  
50a~50e 検出コイル  
60 渦流探傷装置  
62 測長器

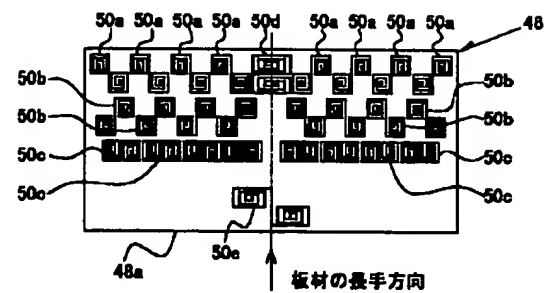
【図1】



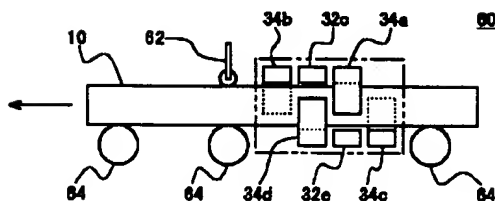
【図2】



【図3】

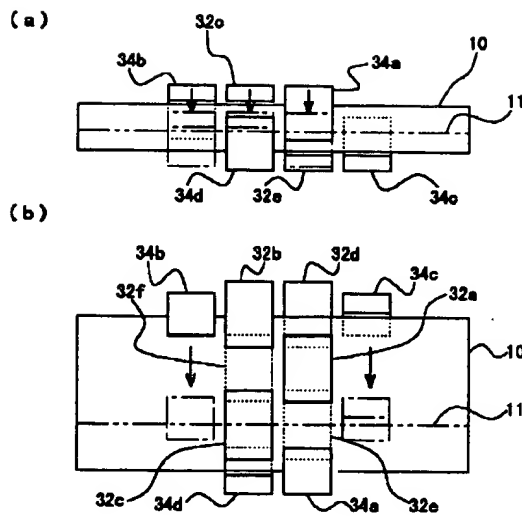


【図5】

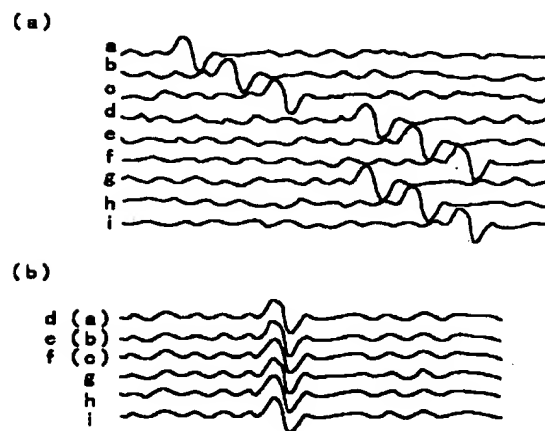




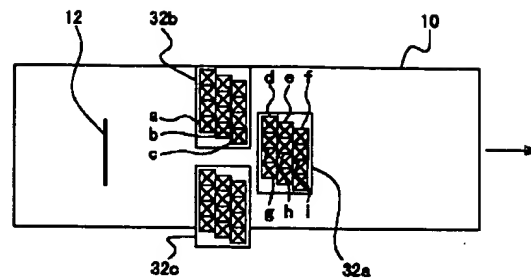
【図4】



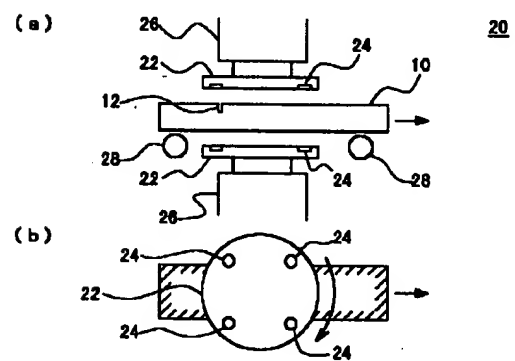
【図7】



【図6】



【図8】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**